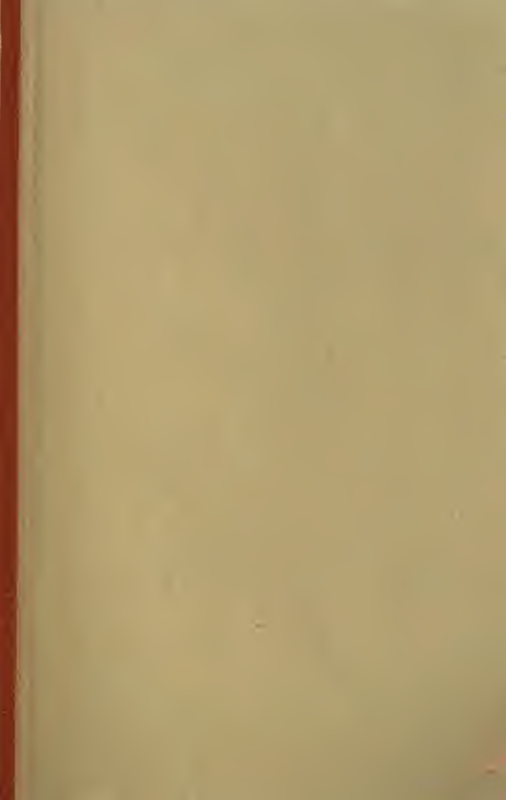
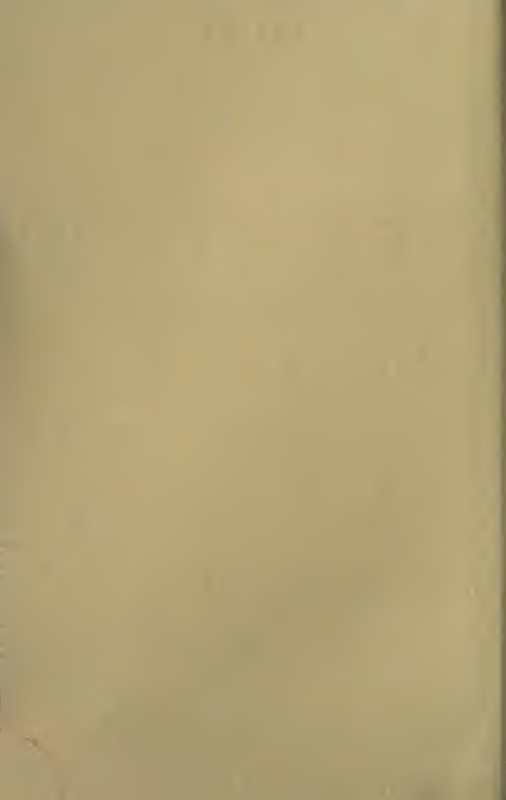


BIBL. NAZIONALE
CENTRALE-FIRENZE

926
37







DEL
TRAFORO DELLE ALPI COZIE

DAL 1. APRILE AL 31 DICEMBRE 1870

E DELLA

QUESTIONE DI PRIORITÀ NELLE INVENZIONI AD ESSO RELATIVE

MEMORIA

letta alla R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Padova
 nella Tornata del giorno 12 febbrajo 1871

DAL 50°30

ANTONIO FAVARO

926
37

DEL
TRAFORO DELLE ALPI COZIE

DAL 1. APRILE AL 31 DICEMBRE 1870

E DELLA

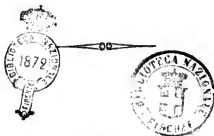
QUESTIONE DI PRIORITÀ NELLE INVENZIONI AD ESSO RELATIVE

MEMORIA

letta alla R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Padova
nella Tornata del giorno 12 febbrajo 1871

DAL SOTTO

ANTONIO FAVARO



PADOVA

TIP. DI GIO. BATT. RANDI

1871



.....the great tunnel through the Alps,
the most interesting and remarkable
engineering work — certainly the most
daring and speculative work — of any
that has yet been undertaken

ANSTED.

Quando Luigi XIV accomiatando il nipote Duca d'Angiò che partiva per raccogliere la successione di Carlo II, pronunciava quelle famose parole: *Il n'y a plus de Pyrénées*, certamente non prevedeva quante smentite nel corso di men che due secoli avesse a ricevere quel gran motto. Gli è infatti che a ravvicinare le nazioni non basta firmare dei trattati, bisogna ancora abbattere le barriere naturali che le separano, ed in ciò l'arte dell'Ingegnere è divenuta la più utile ausiliaria della politica. Mercè sua le Alpi più non dividono il Piemonte dalla Savoia, l'Italia dalla Francia: e

quel Traforo (1) che reclamato in origine dalle nuove esigenze del commercio, dal crescente sviluppo delle industrie, dalla necessità di ponte e facili comunicazioni internazionali, quel lavoro che allo stato di progetto fu discusso per vent'anni consecutivi, che occupò non solo gli scienziati d'Italia, ma dell'Europa tutta e per la grandiosità sua e per le difficoltà d'esecuzione, dopo tredici anni di indefessi lavori condotti attraverso a mille ostacoli, è un fatto compiuto. Nel giorno di Natale del 1870 il telegrafo annunziava che alle 4 e 20 del pomeriggio lo scalpello della perforatrice percuotendo nel vuoto aveva segnato la fine del colossale lavoro, ed il mondo intero commosso per la gigantesca lotta che tutto lo agita, trovava un momento di tregua per applaudire alla nazione generosa che lo aveva impreso, agli uomini illustri che lo avevano compiuto, trovava infine un conforto a inenarrabili dolori nel posare serenamente ed orgogliosamente il pensiero su questo trionfo dell'uomo sulla natura, per il quale fu compiuta l'opera se non la più grandiosa, certamente la più difficile dei tempi moderni.

(1) Il sito nel quale fu condotto il Traforo destinato a sottentrare al famoso valico alpestre del Monte Cenisio dista da esso verso l'Ovest di oltre 25 chilometri e non ha altro rapporto con questo se non di trovarsi riguardo alla elevazione ed alla formazione geologica presso a poco nelle stesse condizioni.

A coronare pienamente il trionfo si richiedeva che oltre la completa e forse insperata soluzione dei problemi meccanici, anche dall'incontro dei due tratti di Galleria attaccati ai due opposti versanti rimanessero pienamente verificate quelle condizioni relative alla posizione ed alla lunghezza dei due tronchi che si erano dedotte dalle operazioni geodetiche. Ed infatti per quanto riguarda la posizione degli assi dei due tratti, essi si riscontrarono perfettamente in continuazione l'uno dell'altro, senza pure quell'errore che avrebbe potuto derivare da una deviazione nel far girare lo strumento di 180° , nel quale caso un tale angolo d'errore non potendo essere che quello dato dalla prima lettura del nonnio del teodolite impiegato, cioè di $10''$ avrebbe portato per conseguenza una deviazione di $0.^m\ 29$. Un errore di così leggiera importanza sarebbe stato certamente senza veruna influenza, ma neppur questo venne commesso, e grazie alla perizia dell'operatore ed alla bontà dello strumento la esattezza si raggiunse fino al centimetro.

Un così soddisfacente risultato sembra a prima giunta non si sia ottenuto mediante le operazioni trigonometriche stesse per quanto riguarda la lunghezza della Galleria, mentre cioè la si era fissata in 12220 metri, ad opera finita la si verificò in metri 12233.55 con un aumento cioè di m. 13.55.

Nell'investigare le causo alle quali un tale errore sia da attribuirsi, mi si affacciarono alla mente

due circostanze da cui l'errore può dipendere (1), senza che in ambedue i casi abbiano a tacciarsi di fallacia le operazioni eseguite, della cui esattezza d'altronde ebbimo prove luminose per quanto riguardava la rispettiva posizione degli assi dei due tronchi della Galleria.

È noto come le operazioni trigonometriche che erano fra i primi lavori preparatori alla perforazione abbiano avuto come punti di partenza, punti trigonometrici dello Stato-Maggiore Sardo, come anzi la rete trigonometrica diretta ad ottenere la misura della lunghezza della Galleria avesse per base un lato somministrato dai dati dello Stato-Maggiore medesimo e che non appartenendo ad un triangolo di primo ordine, pure era con questo direttamente legato. Ricorderò ancora come una qualche incertezza abbia avuto luogo all'epoca della scelta del lato sul quale appoggiare la rete trigonometrica, non avendosi forse criteri abba-

(1) Riportiamo quanto a questo proposito scrive il signor Ch. Boissay nel *Journal des Économistes — Revue de la science économique et de la statistique*. 6. Année. N. 2. Février 1871, nel suo articolo: *Le Tunnel des Alpes*:

« La longueur calculée de la galerie était de 19290 » mètres; mais par suite de l'attraction locale des monta- » gnes (qui déränge l'attraction générale de la masse terre- » stre), les opérations géodésiques présentent dans les pays » accidentés de si extrêmes difficultés, que, malgré la minu- » tieuse précision des mesures, l'expérience a prouvé qu'une » erreur avait été commis.

stanza per giudicare con sicurezza della precisione della sua misura. Ora, che cosa distorrebbe dal credere che l'errore dei $13^{\text{m}},55$ riscontrato, sia in totalità da attribuirsi ad un qualche sbaglio commesso dallo Stato-Maggiore nella misura della sua base, anzichè considerarlo come inesattezza corsa in una operazione la quale in altra circostanza ha dato così splendidi risultati?

Che se niuna eccezione potesse farsi ai risultati trigonometrici dello Stato-Maggiore, io mi limiterei a ricordare come la misura dei 12220 metri siasi ottenuta con operazioni trigonometriche, come l'altra dei 12233,55 siasi riscontrata in seguito a misura diretta, come quindi l'eccesso risultante per nulla esca dai confini di tolleranza, anzi concordi colla natura stessa degli strumenti impiegati nelle dirette misure.

Del rimanente anche questa questione sarà in breve chiarita, quando cioè ultimata la Galleria, la Direzione Tecnica passerà a misurarne esattamente l'asse coi mezzi i più perfezionati che siano nel dominio dell'Ingegneria. Ma dove pure, ciò che è poco probabile, si venisse per tal modo a confermare l'errore corso, esso è di così piccola levatura, e avuto riguardo alla lunghezza della Galleria, ed alle malagevoli condizioni nelle quali ebbero luogo le operazioni trigonometriche, da nulla togliere al merito degli operatori, da costituire anzi un risultato più che sorprendente, inatteso dai più strenui geodeti.

Ma il Traforo delle Alpi doveva ancora sotto altri riguardi far passare di sorpresa in sorpresa tutti quanti ne seguivano con cura i progressi. Contro la generale aspettazione il Traforo in piccola sezione fu compiuto molto tempo prima di quello che si ritenesse ancora, son pochi mesi, dagli Ingegneri medesimi addetti al lavoro.

Quando io ebbi l'onore di tener parola della Galleria Alpina or fa quasi un anno in questo stesso recinto (1), io toccavo anche l'argomento che si riferiva all'epoca nella quale presumibilmente si sarebbe compiuta la perforazione. Abbandonando in quella occasione e conghietture ed ipotesi prive di fondamento, dalle quali si avrebbe avuto la certezza di fallaci risultati, io mi basava sull'avanzamento generale delle singole fasi del lavoro nei quindici mesi precedenti, poichè nel loro corso si aveva avuto campo di valutare l'influenza delle modificazioni che l'impresa era venuta introducendo nell'andamento delle diverse opere, e da un tale ragionamento io era condotto a ritenere che tutto al più prima dell'Aprile 1871 sarebbe il Traforo almeno in piccola sezione compiuto. Ad un tale risultato però in faceva seguire questo rifles-

(1) *Del Traforo delle Alpi Cozie dal 4.º Gennajo 1869 al 31 Marzo 1870 e di alcune questioni ad esso relative*. Memoria letta alla R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Padova nella Tornata del giorno 3 Aprile 1870 dall'Ingegnere Antonio Favaro (Rivista Periodica dei lavori dell'Accademia - Fascicolo XXXVI).

so (1): « Senonchè ove si consideri che la qualità della roccia dalla parte di Modane accenna a sensibili miglioramenti e che essi andranno facendosi sempre maggiori di mano in mano che i lavori si avvanzeranno da questo lato, finchè d'ambe le parti la perforatrice si troverà di contro a rocce d'egual natura, noi crediamo di non esser lontani dal vero asserendo che il limite indicato delle medie basate sugli avanzamenti già ottenuti non sarà raggiunto. »

Ed ora vado lieto di constatare che la mia previsione si è completamente avverata. Nel mese immediatamente successivo a quello nel quale trepidando io aveva l'onore di esprimere tali idee innanzi a voi, o illustri Accademici, gli avanzamenti dal lato di Modane, rimasti per più che un anno di gran lunga inferiori a quelli di Bardonnèche improvvisamente li superavano per mantenersi poi, meno leggiera variazioni, pressochè uguali d'ambo le parti, confermando pienamente quanto io aveva preveduto. Gli scisti calcari (2) che da più

(1) Vedi Memoria citata, pag. 20.

(2) Non sarà qui fuori di proposito un breve cenno sulla condizione geologica delle rocce attraversate dalla grande Galleria.

Ecco intanto due piccoli prospetti che serviranno a fornire una idea delle potenze degli strati incontrati:

Profilo esterno

Terreno antracifero	potenza 1772. ^m 20
Quarziti	» 557. 00
Calcarei compatti, gessi e dolomie »	506. 00
Scisti calcari	» 9605. 00

che da due anni e mezzo costituivano la roccia battuta dalla perforatrice d'ambe le parti; e che dal lato Nord si erano presentati più abbondanti in vene di quarzite vennero verso l'epoca citata

Profilo interno

Terreno antracifero	potenza 2096.	50
Quarziti	»	588. 50
Calcari compatti, gessi e dolomie	»	555. 60
Scisti calcari	»	9592. 95

La differenza fra i due profili deriva da ciò che la galleria tagliando obbliquamente gli strati, le distanze alle quali essa li incontra, non somministrano l'esatta misura dei rispettivi loro spessori. Si ha anzi una formula ben nota dalla quale si deduce facilmente lo spessore reale degli strati espresso in funzione di quello presentato dagli strati medesimi nella escavazione. Detto α l'angolo formato dalla direzione degli strati con quella della galleria, i l'inclinazione di questi strati all'orizzonte, e lo spessore d'uno strato misurato nella direzione del Traforo ed E lo spessore normale dello strato medesimo si ha:

$$E = e \operatorname{sen} \alpha. \operatorname{sen} i$$

Per quanto appunto riguarda l'inclinazione degli strati nel *profilo esterno* i calcari scistosi inclinano dal lato di Bardonnèche in media all'Ovest da 20° a 25° Nord 40° a 45° ed al colle Frejus l'inclinazione ascende a 50°. I gessi sono profondamente alterati, cosicchè le stratificazioni non sono riconoscibili. Le quarziti sono pressochè verticali verso il principio, poi inclinano al Sud-Ovest con un angolo che varia da 90° a 65°. I grès antraciferi inclinano in alcuni punti a Nord-Ovest, in altri verso il Sud-Est ed al punto estremo sono pressochè verticali.

Nel *profilo interno* poi si riscontrò che gli scisti calcari

perdendone quasi del tutto le traccie, fino ad offrire quello scisto di non difficile perforazione che per pressochè tutta la durata del lavoro s'era incontrato dal lato Sud.

inclinano da Nord-Ovest ad Est con un angolo di 5° a 10° : i gessi per l'alterazione non permettono di riconoscere traccia alcuna di stratificazione, quanto agli strati di quarzite essi inclinano a Nord-Ovest con un angolo di 50° a 60° , poi si raddrizzano: gli strati di grès antraciferi inclinano da Nord-Ovest ad Est con un angolo che varia da 50° ad 80° .

Perchè si abbia un saggio del frequente variare degli scisti calcari già accennati, variazione assai probabilmente dovuta all'azione metamorfosante, riportiamo alcuni dati relativi agli aspetti diversi presentati da tali rocce a distanze diverse dall'imbocco Sud:

A metri	500	— Calcare grannoso, bigio, duro, a tinta uniforme, e sfaldantesi a piani regolari quasi come l'ortosio.
»	1490	— Calcare nero, duro, a struttura lamellare.
»	1700	— Calcare tinto da ossidi e presentante l'aspetto dell'eufotide.
»	1878-1916	— Calcare durissimi con vene bianche di quarzo jalino e di spato calcare.
»	2140	— Calcare durissimo, bigio, venato di bianco.
»	2500	— Calcare scistoso nero con traccie di grafite.
»	3500	— Calcare scistoso, grigio, cristallino a struttura lamellare.
»	4000	— Calcare nero durissimo, grauloso, come il granito.

La soluzione dei molti problemi che si attendeva dall'avvicinarsi del traforo al suo termine e del completamento dell'opera stessa, comincia già a delinearsi nettamente. E per quanto riguarda gli studi istituiti onde riconoscere attraverso a quanto spessore di roccia sarebbe trasmissibile il suono

A metri 4688	— Calcare cristallino, grigio, silicifero, seistoso con vene bianche di quarzo jalino.
» 5050	— Calcare sabbioso, cristallino, grigio seistoso, con vene di quarzo jalino.
» 5550	— Seisto nero a riflessi verdastri alternato con quarzo bianco calcarifero.
» 5700	— Calcare seistoso cristallino con vene di quarzo jalino e calcare spatico bianco.
» 6110	— Calcare cristallino, grigio, seistoide.
(Metà della Galleria)	

Per maggiori nozioni in argomento potranno essere con profitto consultati gli scritti del Prof. Comm. Sismonda e del sig. Elia di Beaumont, e tra questi quelli più recenti:

Nuove osservazioni Geologiche sulle Rocce Antracitifere delle Alpi del Comm. Angelo Sismonda, Professore di Mineralogia nella R. Università di Torino, 1867.

Note sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales entre Modane et Bardonnèche, inserita nei Comptes-Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, 1870. Deuxième semestre, Tome LXXI, N. 4, ed ancora l'articolo inserito dal Prof. Ansted nel numero XXXVII della « Popular science Review » sotto il titolo: The Geology of the Mont Cenis Tunnel.

essi andarono completamente falliti, imperciocchè mentre dai più volevasi che il rumore dello scoppio delle mine si sarebbe udito dall'una parte all'altra quando i lavori inoltrati non avessero più fra loro che un diafragma di montagna di oltre 400^m, tale trasmissione non fu avvertita che addì 27 Novembre quando cioè il nucleo di roccia più non contava che 135^m. — A migliori risultati sembra abbiano condotto le ricerche istituite sulla ventilazione che si verrebbe ad avere in Galleria ad opera finita. Basati sul fatto delle diverse pendenze dei due tratti di Galleria, conseguenza dei 132^m.56 di differenza di livello fra gli imbocchi e sull'altra della diversità di temperatura risultante anche dalla differente esposizione degli imbocchi medesimi, tutti erano d'accordo nel ritenere che tali cause costituirebbero per loro stesse una potente causa di ventilazione.

Ma se in massima il fenomeno succede, esso tuttavia non ha luogo con quella regolarità che sarebbe desiderabile e che verrebbe richiesta dalla destinazione della Galleria. Infatti la ventilazione assai soddisfacente nei primi giorni si addimostrò in seguito troppo sensibile alle variazioni dello stato atmosferico esterno ai due imbocchi, e succedendo pur sempre nel senso naturale da Nord a Sud talvolta ha luogo con tale corrente d'aria che si dura fatica a tenere accesi i lumi, e si rende necessario l'uso di lanterne ben riparate, tal altra invece è così debole da accennare quasi a ristagno

completo. Ciò nondimeno si è già smesso l'uso del ventilatore a campana dalla parte di Fourneaux e si ha anche intenzione di sopprimere quanto prima l'altro a forza centrifuga dalla parte di Bardonnèche, imperciocchè quantunque non si abbia ancora avuto agio di raccogliere dati sufficienti per poter giudicare dall'esperienza di ciò che sarà della ventilazione ad opera finita, si è preventivamente pensato ai mezzi da impiegarsi onde essa si mantenga nelle volute proporzioni tanto nel caso di eccesso che in quello di difetto (1), e per

(1) Ripeterò qui quanto ebbi occasione di scrivere in altra circostanza, che cioè qualunque sia per essere la ventilazione ad opera finita, essa non interporrà certamente ostacolo al regolare esercizio.

Al caso di aerazione insufficiente s'è già provveduto. Il Comm. Ing. Valvassori penserebbe di supplirvi con trombe soffianti od eoliche, sebbene il Governo abbia già ceduto alla Società dell'Alta Italia che si è assunto l'esercizio del tronco da Bussoleno alla metà della Galleria, la proprietà dei fabbricati dei compressori colle rispettive macchine. I metodi per aerare la Galleria nel caso di difetto verrebbero quindi ad essere tre: o quello dei ventilatori, o quello dei compressori, o finalmente, per rendere assai più tenue la spesa, quello delle trombe soffianti.

A coloro poi i quali anzichè la mancanza d'aria temono che attraverso il nuovo sotterraneo l'aria venga a cacciarsi anche con troppa violenza, noi ricorderemo che quantunque allo scopo di facilitare le verificazioni dei tracciammenti e l'aerazione della Galleria durante i lavori la si sia costruita in linea retta, pure è destinata a raccordarsi con

quanto riguarda il transitorio uso della Galleria fino al suo esercizio vi ha luogo a sperare che ingrandita la sezione anche la aerazione riesca meglio proporzionata ai bisogni dei lavori.

Non ostante il minor bisogno d'aria compressa per facilitare la ventilazione tutti i compressori continuano ad essere in attività per mettere in movimento le perforatrici che lavorano tuttavia in numero di 12 per lo scavo in calotta da ambedue le parti e per l'allargamento della piccola Sezione dal lato Sud, mentre si sta studiando di far pure lo strozzo o scavo dei piedritti colle perforatrici medesime.

Per tali provvedimenti ed essendosi d'altra parte diminuito il soverchio calore (1) e più non

altri punti la cui posizione sul fianco della montagna obbliga a costruire le due estremità in curva, per la qual cosa le false teste attuali nella direzione dell'allineamento generale potranno essere o meno conservate, o ne potrà essere regolata l'apertura in modo da non avere che quel grado di ventilazione che si reputerà necessario.

(1) Il calore interno che aveva raggiunto proporzioni, se non inattese, pur tuttavia considerevoli, è ora sensibilmente diminuito per la corrente d'aria che si è formata attraverso la Galleria. Per quanto riguarda la distribuzione del calore nella Galleria a seconda delle varie fasi dei lavori togliamo i dati seguenti dalla dotta memoria del Prof. Austed già citata ed inserita nel N. XXXVII (Ottobre 1870) della « Popular science Review » sotto il titolo: *Geology of the Mont Cenis Tunnel*.

molestando il fumo gli operaj, i lavori di ingrandimento procedono colla massima alacrità, per modo che vi ha motivo a sperare che al cominciare del secondo semestre del corrente anno possa

Dopo essersi occupato delle questioni mineralogiche e geologiche, nello stretto senso della parola, l'Autore viene a dire:

La temperatura nell'interno della terra è un'altra questione di grandissimo interesse e della più alta importanza, ed è a deplorarsi che per la mancanza di opportune disposizioni fin da bel principio, i metodi per rilevare la temperatura delle rocce non sieno stati scrupolosamente seguiti d'ambe le parti. Sul versante italiano le osservazioni sono più accuratamente fatte che sul francese, ma non si è ancora preparato un prospetto riassuntivo completo da nessuna parte. Il sistema adottato era di praticare di 500 in 500 metri dei fori delle profondità di circa 3 metri e di porvi entro dei termometri: ma codesti termometri non erano sempre strumenti a massimo ed a minimo e qualche volta ancora occorsero degli inconvenienti.

Il risultato generale, quale lo presenta il signor Borelli, ingegnere direttore dalla parte italiana dimostra una rimarchevole uniformità di temperatura in tutta la roccia. Alla distanza di 6506 yards (1 yardo vale 0^m,91458) ovvero circa a metà strada e ad una profondità di 5000 piedi (1 piede vale 0^m, 50479) all'incirca, la temperatura della roccia si trovò di soli 80° Fah. (1° Fah. equivale a 0°,5555 C. oppure a 0°,4444 R.).

La temperatura media annua dei luoghi circostanti agli imbocchi non è rigorosamente determinata, ma in ogni circostanza l'incremento in confronto di quello notato nelle osservazioni fatte nelle miniere è piccolissima. La massima

la Galleria essere aperta al regolare esercizio , imperocchè quand' anche per la detta epoca non si avessero potuto posare ambedue i binarii, il servizio potrebbe essere senza gravissimo inco-

profondità fin qui raggiunta nell'esercizio delle miniere , fu di 2150 piedi, ed in media l'incremento è generalmente ritenuto di 1° Fah. per ogni 60 piedi. Ammettendo che lo strato di temperatura invariabile si trovi alla profondità di 80 piedi sotto il suolo, la temperatura permanente a 5000 piedi dovrebbe essere di almeno 80° Fah. al di sopra della annua media: ora certamente non supera i 50° e forse ne resta al di sotto. Si osservarono pertanto altri casi nei quali l'aumento sali ad 1° Fah. per più che 100 piedi, e siccome nelle roccie attraverso le quali la galleria è condotta mancano assolutamente vene minerali e depositi metalliferi di qualsiasi sorta, può essere che tale minore incremento dipenda dalla condizione delle roccie medesime dovendosi un più alto grado attribuire all'azione chimica prodotta dalla presenza di certi metalli, minerali metalliferi ed acqua.

Nello stesso tempo è degno di nota che le moltissime osservazioni di temperatura sotterranea fatte sia nelle miniere che nelle escavazioni che si praticano per pozzi artesiani, in niun caso però per una profondità metà di quella alla quale trovasi la parte centrale della Galleria, si riscontrò un aumento di 1° Fah. per circa 54 piedi e si rinvenne lo strato di temperatura invariabile e circa 60 piedi di profondità. E tali proporzioni valgono non solo per le perforazioni intraprese in vicinanza al mare, ma ancora in altre località, come p. e. a Ginevra in un profondo seavo incominciato a 1600 piedi d'altezza sul livello del mare, quindi un calcolo sulla temperatura delle gallerie al di sotto del punto culminante sulle basi testè enunciate, condurrebbe a risul-

modo fatto mediante il solo che per quell'epoca sarà di certo stabilito.

Finora pressochè tutti gli studi, ed i lavori riflettevano la Galleria rettilinea considerata, direi

tati assai più elevati di quelli che si hanno dall'osservazione, nè a tali conseguenze può fare obbietto l'influenza del declivio della montagna, poichè nel presente caso la pendenza è tale che la distanza d'un punto qualunque dalla superficie è sempre inferiore a quella del punto culminante.

Da quanto si è fin qui detto sembrerebbe che il risultato delle osservazioni istituite sulla temperatura nell'interno della galleria tenderebbe a scalzare quella confidenza che fino al giorno d'oggi s'era riposta nelle conclusioni generalmente adottate circa gli aumenti di temperatura nell'interno della terra. E per vero sarebbe difficile l'immaginare condizioni più favorevoli per lo studio di tale questione, di quelle presentate dal caso che abbiamo sott'occhio: le rocce nelle quali si fecero le osservazioni sono assolutamente le stesse e sotto l'aspetto geologico e sotto qualsiasi altro dall'imbocco della Galleria dalla parte italiana per una distanza di circa diecimila yardi, esse contengono poca acqua e pressochè nessuna vena minerale, consistono per un'ampia estensione di silice, o sotto la forma di quarzo, o sotto l'altra di silicati principalmente di allumina e la piccola quantità di calce che contengono è allo stato di carbonato cristallino. Tali rocce adunque sembrano non presentare causa alcuna che possa influire sull'esattezza d'un apprezzamento relativo all'aumento di temperatura il quale verrebbe ridotto ad 1° Fah. per circa cento piedi. E quantunque non si abbia potuto prendere in esame tutte le osservazioni fatte, ed il loro carattere non sia quale sarebbe richiesto dall'importanza del soggetto, tuttavia il loro ri-

quasi, come un lavoro isolato dalle ferrovie alle quali è destinata ad essere congiunta; ultimato adesso il Traforo torna in acconcio parlare dei tratti di raccordamento coi quali deve collegarsi e che alla lor volta devono far capo, quello Nord alla ferrovia di St. Michel-Chambéry, l'altro alla linea Bussoleno-Torino.

Codesti tratti di raccordamento, di forma curvilinea ambedue, sono già aperti e non vi mancano che pochi lavori di finimento per renderli atti all'esercizio, anzi in quello Sud corre già da più che due mesi una locomotiva per uso dei lavori.

L'idea di tentare l'impiego della locomotiva per ottenere una semplificazione nel servizio della Galleria venne dapprima in mente al Cav. Copello

sullato è tale da richiedere un nuovo esame di tutti gli argomenti geologici basati sul rapido e regolare aumento della temperatura mano a mano che ci accostiamo al centro della terra. Quanto alla temperatura dell'acqua essa sembrerebbe corrispondere a sufficienza alla temperatura della roccia, così in una sorgente di qualche importanza che si ebbe ad incontrare nel 1861, quando cioè l'opera era proceduta comparativamente poco, la temperatura era di 64° Fah. e la roccia sovraincombente dell'altezza di 2500 piedi.

Una buona serie di osservazioni dalla parte settentrionale della Galleria sarebbe stata del massimo interesse e di grande utilità ove si avesse avuto cura di eseguirle durante i lavori con buoni strumenti e colle debite precauzioni: ora benchè i fori siano tuttavia aperti, esatte osservazioni non sembrano più possibili in vista dell'alterazione prodotta nella temperatura delle rocce dalla attivata ventilazione.

Direttore dei lavori all'imbocco Nord, ma in causa del soverchio sviluppo di acido carbonico e di fumo dopo replicate esperienze dovette rinunciarvi, imperciocchè quand' anche coi mezzi di ventilazione che si possiedono si avessero potuto ovviare tali inconvenienti, i vantaggi che ne sarebbero derivati non avrebbero compensato il dispendio necessario per provvedere ad una più copiosa acrizione. Questo triste risultato non disanimò tuttavia gli Ingegneri preposti ai lavori, che anzi fatta trasportare la locomotiva stessa attraverso il Moncenisio e condottala a Bardonnèche si diede principio anche da questa parte ad una nuova serie di esperienze coronate questa volta da felice esito, imperocchè dopo ripetuti tentativi si riuscì a far manovrare la locomotiva nel tronco di raccordamento ed anche per qualche tratto della Galleria principale, limitando dapprima il suo servizio al solo trasporto dei carri vuoti, poi a quello dei carri carichi di detriti, finalmente a condurre anche a qualche chilometro nell'interno della Galleria tanto i materiali da costruzione che le macchine.

Tenuto conto dei tratti di raccordamento e delle variazioni di recente introdotte nella distribuzione delle pendenze in corso dei lavori, la Galleria definitiva presenterà il seguente profilo. A partire dall'imbocco del raccordamento Nord la pendenza si mantiene del 23 per mille fino alla quota 6273: succede poscia un tratto orizzontale che viene a trovarsi nel mezzo della Galleria e che

a partire dalla quola accennata si estende per metri 360.55 fino a metri 5600 contati a partire dell'imbocco Sud. Facendo capo poi all'imbocco Sud della Galleria rettilinea si ha la pendenza di 0^m.50 per mille fino alla quota 800, indi dell'uno per mille dalla quota 800 fino a metri 3000, finalmente di nuovo di 0^m.50 per mille per il tronco da metri 3000 a metri 5600 ove incomincia il tratto orizzontale del quale abbiamo già tenuto parola.

Una nuova modificazione però subiranno ancora le pendenze delle due estremità della Galleria rettilinea quando a questa si sostituiranno le Gallerie di raccordamento aventi, quella Sud la lunghezza di metri 757.07 con una pendenza del 23 per mille, quella Nord di metri 453.70 con una pendenza massima del 30 per mille. Compresi i tronchi di raccordamento si avrà allora aperta all'esercizio una Galleria lunga metri 12848.92 non considerando i due tratti di Galleria preparatoria o di servizio aventi quello Sud la lunghezza di m. 251.30, quello Nord di m. 344.10 (1).

(1) Tutti questi dati tuttavia non possono aversi per definitivi non essendosi ancora fatte esatissime misure, specialmente per quanto riguarda le altezze dei vari punti del Traforo sopra il livello del mare e che mi sono astenuto dal riferire. (Vedi nota (d) alla line). Di quelli esposti pertanto mi professo debitore alla squisita cortesia del chiarissimo Ingegnere Comm. Angelo Valvassori, il quale dopo aver caldamente propugnato col Conte di Cavour il Traforo delle

Rimane ora che ci occupiamo dei tratti di ferrovia d'accesso, i quali tenuti finora, direi quasi, in seconda linea, porgono motivo a temere che in causa loro venga ad essere di qualche mese ritardato l'esercizio completo della linea della quale la Galleria nostra è la principalissima opera d'arte.

Quanto alla ferrovia d'accesso sul versante italiano, dopo essere passata attraverso a qualche peripezia (1), venne ora affidata a tale che saprà senza dubbio mantenere l'impegno assunto, di darla cioè completa nello stesso termine in cui sarà compiuto il Traforo. Non così è dell'altro tronco destinato a collegare l'imbocco Nord colle ferrovie Savojarde, nel quale potendosi dire condotte a buon punto tanto le opere murali che le Gallerie, molto resta ancora a fare per quanto ha riguardo ai rilevantissimi movimenti di terra. In ogni circostanza si ebbe occasione di lamentare che dalla parte di Francia, per quanto riguarda il tronco d'accesso, non fossero i lavori condotti con quella solerzia, e diciamolo pure, con quella febbrile impazienza che animava i lavori della Galleria e quelli dell'altro tronco italiano. Dapprima un

Alpi in seno al Parlamento Subalpino, chiamato all'Ispersione Tecnica dei lavori si è adoperato per modo da guadagnarsi nuovi titoli alla benemeranza del paese e di quanti hanno a cuore i progressi di quella scienza che l'illustre Ingegnere coltiva con tanto frutto.

(1) *Atti del Parlamento, Camera dei Senatori.* — Tornata del 9 Giugno 1870.

qualche ritardo avvenuto nello stabilire la linea da seguirsi definitivamente, indi una certa indolenza nell'intraprenderne l'esecuzione, finalmente la guerra togliendo gli operaj dai lavori, distraendo altresì da questi l'attenzione del Paese e le cure del Governo, contribuirono per modo che secondo ogni probabilità la ferrovia italiana e la Galleria saranno aperte all'esercizio, mentre sul territorio di Francia fino a St. Michel il servizio continuerà ad esser fatto per qualche tempo dalla ferrovia Fell che attualmente valica il Moncenisio.

Ultimati i lavori tutti si avrà una nuova linea ferroviaria fra Bussoleno (all'altezza di m. 437.76 sopra il livello del mare) e Saint-Michel (all'altezza di metri 710.42 sempre sopra il livello del mare) della lunghezza di circa 77 chilometri. Per il versante italiano la pendenza massima sarà del 30 per mille e la media del 17.70, per il versante Nord poi la massima sarà del 30 e la media del 21.07 per mille, costituendo così una delle linee le più interessanti e per le alpestri vie attraverso alle quali è condotta e per gli importantissimi lavori ai quali ha dato motivo.

Breve spazio di tempo ci separa omai dal compimento d'una tanta opera e il cuore ci si stringe nel pensare che tutti quegli elementi di intelligenza, di operosità, di forza, riuniti insieme per traforare le Alpi, debbano ad un tratto disgiungersi e andare dispersi. Ma ciò nondimeno i due

paeselli operaj situati agli imbocchi di Fourneaux e di Bardonnèche e creati dai bisogni dei lavori sono chiamati ad un felice avvenire: destinato il primo ad avere la stazione internazionale e la dogana francese ritrarrà elementi di prosperità dal movimento commerciale: quanto al secondo il magnifico suo bacino e la straordinaria quantità di forza motrice che, ultimato il lavoro, rimarrà disponibile, lo rendono mirabilmente adatto a diventare una di quelle città industriali delle quali l'Inghilterra ci offre tanti esempi.

Il signor Cazin (1) tenendo parola all'Associazione scientifica di Francia della immensa forza motrice che i bisogni dei lavori di perforazione hanno accumulato a Fourneaux si augura che da Lione venga colà trapiantata l'industria della seta, che ritraendo i suoi elementi di vita dall'Italia si troverebbe così alla portata delle località dalle quali deriva la materia prima ed utilizzerebbe gratuitamente una forza motrice così ingente. Permettete, o signori, che nell'interesse della novella vita alla quale le nostre industrie sembrano chiamate, io formuli un egual voto per noi: che l'ambizione degli Italiani che hanno traforate le Alpi si risenta dello sfregio che ne verrebbe se degli stranieri giungessero ad attivare sui nostri stessi confini, a nostre spese ed a nostro disdoro una in-

(1) *Revue des Cours scientifiques de la France et de l'Etranger*. — Septième année, 1869 1870. N. 2. ★

dustria che niun'altra occasione meglio dell'attuale potrebbe ricondurre a lieta vita fra noi. Una nuova e potente industria che usufruisca degli stessi elementi di vita che hanno contribuito al compimento d'un lavoro unico negli annali della scienza, venga adunque stabilita all'imbocco stesso della grande Galleria, e la nuova via aperta dal genio e dall'iniziativa nazionale avrà così a doppio titolo la più bella pagina nella storia del nostro risorgimento.

E poichè finora, o illustri Accademici, porgeste benevola attenzione a quanto io veniva esponendovi su questi colossali lavori, ed aveste occasione di seguirli meco nelle diverse loro fasi, permettete che prima di abbandonare un argomento che fu scopo prediletto ai miei studi, io tocchi d'un'altra questione che lo riguarda, di vitalissima importanza, poichè risalendo alle origini del progetto interessa ad un tempo e il lavoro per sè stesso ed il merito da attribuirsi a quei grandi che ne furono gli autori. Tale è la questione altre volte a lungo dibattuta ed in oggi nuovamente sollevata che riguarda il diritto di priorità sull'invenzione dei procedimenti, mercè i quali soltanto fu possibile il compimento d'un progetto per tanti anni studiato, di esito incerto al giudizio dei più, ardito, se non temerario a quello di tutti.

Fin da quando ebbi a pubblicare il mio primo

lavoro sul Traforo delle Alpi, io veniva sollecitato da superiori e da amici ad occuparmi anche di tale argomento, si voleva che in una pubblicazione di carattere quasi ufficiale (1), come fu quella alla quale io pure ebbi l'onore di concorrere, non mancasse di essere ricordata la controversia a cui aveva dato origine la contestazione del diritto di priorità. Senonchè per quanto in quella occasione io avessi colta l'opportunità di esaminare e importantissimi documenti e pressochè tutti i progetti che avevano preceduto quello degli illustri ingegneri che lo condussero a felice compimento, ricusai di trattarne, poichè l'eloquenza dei fatti mi pareva tale, che sebbene nei primordi il dubbio avesse potuto in alcuni non bene informati farsi facile strada, pure io pensava averlo gli autorevoli giudizi limitato, la rinomanza ed i successi degli illustri Ingegneri affievolito, i progressi dell'opera del Traforo dissipato.

Le parole stesse sdegnose ch'ebbi la ventura di cogliere dalle labbra del compianto Paleocapa che tanta parte aveva avuta all'approvazione del

(1) *Studi sul tracciamento della Galleria delle Alpi Cozie tra Bardonnèche e Modane preceduti da Cenni storici per Antonio Favaro, inserita fra le Relazioni delle esperienze e visite fatte dagli Allievi della Real Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino nelle loro esercitazioni pratiche annuali. Pubblicazione compilata ed eseguita per cura degli stessi Allievi. Anno terzo Tomo III. Esercitazioni di Macchine a vapore e ferrovie, Torino 1868.*

progetto (1) e che io m'ero permesso di interpellare direttamente su tale proposito, mi distolsero maggiormente in allora dal trattare un tale argomento.

E di vero se da stranieri fosse partita l'accusa di plagio fatta ai nostri ingegneri, avrei ritenuto mio stretto dovere dopo essermi occupato dell'argomento ed aver riconosciuto che per loro stava il diritto, rendere palesi quei nuovi fatti dei quali in seguito alle praticate ricerche io fossi per avventura venuto a cognizione; tuttavia siccome una sola contestazione fuvvi e questa partì da altro italiano, ei mi pareva quasi rendermi reo di lesa carità patria risolvendo una questione che la pre-

(1) È noto come il Comm. Paleocapa entrato a far parte del Ministero Sardo nel 1849 vi restasse poi per quasi dieci anni e come sotto la saggia sua amministrazione si costruisse quella ben ordinata rete di strade ferrate che non trova ancora l'uguale in tutta la Penisola.

È però degno di speciale menzione il valido appoggio da lui dato al progetto di Traforo delle Alpi: fu dietro i giudizi di Paleocapa che il Conte di Cavour si decise ad accordare il suo patrocinio a tale lavoro ed in esso l'illustre Ingegnere non ebbe parte minore di quella grandissima che a buon diritto gli è riconosciuta nell'altra gigantesca impresa del taglio dell'Istmo di Suez. Noi crediamo di non cadere in esagerazioni nel dire che senza il Paleocapa nè l'uno nè l'altro di questi due grandi lavori sarebbero stati intrapresi, per la qual cosa di lui assai giustamente dettava il chiarissimo Giovanni Cittadella: che aveva vinto e nominò e natura al Ceniso e tra il Mediterraneo e l'Eritreo.

potenza dei fatti doveva aver sopito per sempre. Ma poichè ai nostri giorni in cui ebbimo la ventura di veder condotto a felice compimento il lavoro da quelli stessi che lo intrapresero, si osa portare nuovamente in campo la questione di priorità, poichè il solo spirito di invidia impotente e di regionalismo condannevole tenta di contrastare la meritata ricompensa ai veri autori del progetto, crederei venir meno al mio dovere se per quanto priva d'autorità la mia parola io non ne usassi e mi trattenessi per tal modo dall'espore pubblicamente quelle osservazioni e quelle conseguenze ch'ebbi occasione di dedurre in seguito ad accurati e ripetuti esami dei più importanti documenti relativi alla questione ch'io mi decido oggi a trattare.

Per una ordinata esposizione dei varii fatti che alla controversia si riferiscono è necessario risalire per poco alle prime origini del lavoro, considerare a parte la priorità di proposta da quella di concetto e collegando la storia dello sviluppo del lavoro a quella dell'aria compressa colla quale è ormai indissolubilmente congiunto, analizzare i varii progetti confrontandoli con quello prescelto, onde essere in grado di giudicare qual fondamento abbiano le accuse di plagio mosse contro gli illustri Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller.

Ebbi già occasione di dirlo altra volta, l'idea di traforare le Alpi esternata per la prima volta dal Médail aveva messo a contribuzione per lunghi

anni le più chiare intelligenze meccaniche, non è quindi a meravigliarsi se numerosissimi fossero i progetti presentati al Governo di Sardegna appena si pensò seriamente di mettere ad esecuzione una idea da tanto tempo accarezzata. In questo caso come in altri dei quali abbonda la storia della scienza e delle invenzioni, la prima idea era sorta in un uomo che non si trovava a possedere alcun mezzo per tentare di porla ad effetto. Médail infatti aveva detto: traforiamo le Alpi, senza forse avere un chiaro concetto delle difficoltà e degli ostacoli che si sarebbero opposti al compimento d'un progetto non pure sbizzato (1): ciò nonper-

(1) Secondo una memoria pubblicata fino dal 1846 dal Maggiore Porro coi tipi Zecchi e Bona di Torino, che porta per titolo: « *Percement des montagnes par les procédés accélératifs, mécaniques et chimiques*, e che venne di recente ripubblicata dal Bona stesso sotto il titolo: *Traforo del Moncenisio. Ristampa di una antica Memoria del Professore I. Porro*, Torino 1871, apparirebbe che al Maggiore Porro fosse stato fino dal 1845 demandato l'incarico dal Ministero dell'interno di esaminare i progetti del Médail mediante esatta operazione geodetica e che l'illustre celerimensore desse mano a tale lavoro nel Settembre dello stesso anno.

Oltre a ciò, l'Editore premette alla ristampa della detta Memoria, senza dubbio col consenso dell'Autore, alcune cose gravissime, asserendo fra le altre che gli studi geodetici del Porro lo avevano condotto a trovare un passo che avrebbe economizzato *sei chilometri di traforo e dodici di percorrenza sulla totale distanza da Bardonnèche a St. Michel*, eccitando ancora l'Editore medesimo, non sappiamo

tanto il diritto alla priorità di proposta è suo, niuno può contestarlo e Bardonnèche suo paese natìo, chiamato a fervida vita per la grandiosa idea dell'ardito alpigiano, paga un sacro debito tra-

con quale autorità, gli ingegneri a far uso nei loro studi dei procedimenti della Celerimensura ed assicurando ch'essi sono i soli che abbiano il pregio di far prontamente vedere e chiaro e tutto.

Quanto alla Memoria, essa non è che una rapida rassegna dei mezzi a quell'epoca conosciuti per attaccare le roccie e messi in pratica da Courbebaisse, Berndt, Moreau, Wollaston, Krammer, Carter e Nasmith, aggiuntivi i risultati di qualche esperienza eseguita dall'Autore stesso, il quale circa il motore da impiegarsi per far agire la perforatrice Nasmith, ch'egli giudica superiore ad ogni altra, dice dapprima: *je pense avoir vaincu la difficulté: il est évident, en effet, qu'en employant l'expansion de l'air comprimé, on peut faire agir la machine de Nasmith et que le moteur hydraulique peut comprimer l'air et le fournir par de tubes articulés à l'appareil.* E lasciando di parlare delle modificazioni da lui recate alla macchina di Nasmith si esprime in appresso più particolareggiatamente circa il motore da impiegarsi: *il est inutile d'ajouter un seul mot contre l'emploi de la vapeur: la cherté du combustible là où la nature donne au contraire gratuitement une puissance motrice colossale est un argument suffisant en faveur des moteurs hydrauliques; mais sous quelle forme, parmi la multitude de celles qu'ont été proposées et employées faut il recevoir cette puissance? Ici mon opinion est arrêtée: le problème de transmettre à un organe solide la totalité ou la presque totalité de la puissance mécanique, que la gravité imprime à un cours d'eau qui descend d'une hauteur donnée n'est*

mandandone il nome alla posterità con isplendido monumento.

Il seme gettato da Médail doveva apportare a tempo debito i suoi frutti e lasciando da parte le proposte che dietro incarico del Governo aveva presentate l'Ingegnere belga Maus (1), nel 1854

qu'un, la solution n'est qu'une: elle est indépendante de la quantité d'eau fournie et de la hauteur de la chute: cette solution je l'ai donnée dans mon Essay sur les moteurs hydrauliques (Turin 1844), alludendo qui al suo motore idraulico *piezocratico* descritto nell'opera citata.

Noi non vorremo qui formulare un giudizio sull'entità delle proposte del Signor Porro e sul valore che ad esse deve attribuirsi, limitate come sono a semplici idee e basate sopra l'uso d'una macchina, sulla quale, per quanto sappiamo, non furono fatte esperienze tali da permettere di pronunciarsi in modo deciso: noteremo soltanto come queste proposte fatte dal Maggiore Porro nel 1846 escludano affatto, per quanti vennero in appresso, pretese di priorità per ciò che riguarda il puro concetto di applicazione dell'aria compressa alla perforazione delle Gallerie.

(1) *Rapport rédigé au nom de la Commission chargée de l'examen des études du chemin de fer de Chambéry à Turin, et de la machine de M. Maus proposée pour exécuter le tunnel des Alpes entre Modane et Bardonnèche, par M. le Chevalier Pierre Paleocapa inspecteur honoraire du Génie Civil.* Turin le 25 Octobre 1849.

Procès verbal de la première séance de la Commission d'examen du projet de la percée les Alpes pour le chemin de fer d'Italie vers la France. Turin le 26 Juillet 1849.

Procès verbal de la seconde séance de la Commission

Paleocapa annunziava dalla tribuna ch'egli aveva in mano più di venti progetti differenti per valicare o traforare le Alpi. Uno vuol superare le grandi salite approfittando delle cadute d'aqua con un sistema di strada ferrata che dopo aver corso per un piano di poca pendenza trova automotori che sollevano i vagoni, altri vogliono vincere le grandi pendenze mediante canali nei quali la discesa dell'aqua faccia rimontare i vagoni a ritroso, altri propongono galleggianti i quali invece ascendendo nel canale traggano seco i vagoni, altri mettono avanti forme speciali di locomotive mediante le quali si possono montare fortissime pendenze, altri ancora propongono meccanismi speciali per accrescere l'adesione, e così i progetti più o meno possibili si succedono, si moltiplicano e fanno fede dell'attività risvegliata in tutte le menti dell'idea di poter in qualche modo concor-

d'examen du projet de la percée des Alpes pour le chemin de fer d'Italie vers la France. Turin le 1 Novembre 1849.

Di questi documenti che gettano nuova luce sulla parte avuta dall'Ingegnere Belga Mans ai progetti di Traforo delle Alpi, finora non si conosceva che un estratto pubblicato assieme al progetto del Mans nel libro che ha per titolo: *Mans Cav. Enrico. — Relazione sagli studi fatti per la strada ferrata da Chambéry a Torino.* Torino 1849: essi vennero pertanto di recente (17 Novembre 1870) presentati dal Comm. Luigi Torelli all'Istituto Veneto di Scienze, lettere ed Arti che li inseriva nei suoi Atti, Tomo Decimosesto, Serie Terza, Dispensa Prima.

rere al compimento d'un'opera degna degli antichi Ingegneri Romani.

Non è mia intenzione passare in accurata rassegna tutti i progetti che furono presentati in quella circostanza, un tale lavoro mi condurrebbe troppo lontano dal mio assunto senza servirmi direttamente allo scopo che mi sono prefisso, mi limiterò quindi soltanto a parlare delle proposte di traforo scegliendo fra esse quelle che, almeno in apparenza, presentano una qualche analogia col progetto mercè il quale le Alpi sono oggi perforate.

Altero per poco l'ordine cronologico (1) onde accennare brevemente alle proposte di Colladon e di Bartlett ed entrare poscia in qualche particolare sul progetto del signor Piatti (2) che è appunto quello sul quale si credè poter fondare l'accusa di plagio lanciata contro i tre Ingegneri Piemontesi.

Proponeva il Colladon di introdurre in Galleria una locomobile ad aria compressa i cui stantuffi imprimevano il movimento ad una serie di

(1) Ambedue i brevetti di privativa del Colladon e del Bartlett portano la data del 30 Giugno 1855.

(2) *Proposta per la strada ferrata tra Susa e Modane d'un nuovo sistema di propulsione ad aria compressa da motori idraulici (sistema sperimentato in Inghilterra) e abbozzo di progetto pel perforamento delle Alpi che si opererebbe col sussidio dell'apparato pneumatico stesso della strada con grande economia di capitali e di tempo di G. B. Piatti di Milano Ingegnere meccanico domiciliato a Loudra, Torino, tipografia Castellazzo e Garetti 1855.*

ntensili destinati a praticare dei fori a mezzo di svariati meccanismi, si limitava il Bartlett alla proposta d'una perforatrice mossa da una macchina a vapore locomobile, mediante la quale le impulsioni venivano trasmesse coll'intermezzo di un cuscinetto elastico d'aria compressa fra due stantuffi, solidario l'uno collo stantuffo motore, l'altro con quello che portava lo scalpello e mobili ambedue in un cilindro pneumatico senza fondo. Per tal modo proponeva il Colladon un mezzo che poteva essere applicato alla soluzione del problema, ma non indicava un metodo migliore dei già noti per procurarsi in gran copia l'aria compressa della quale si aveva bisogno: il Bartlett poi ideava un organo acconcio, ma suggeriva di applicare al medesimo una forza motrice non suscettiva d'impiego negli scavi delle lunghe gallerie.

Giova però aggiungere subito che nè dall'uno nè dall'altro dei summentovati meccanici partirono opposizioni od accuse (1), che anzi non esattamente

(1) In uno scritto recentemente pubblicato (*Le Tunnel des Alpes. Études d'Art et d'Industrie*. Lausanne 1871) e che, meno qualche variante, non è che la ristampa d'un articolo inserito altra volta nella *Revue des Deux Mondes* (*Il Traforo delle Alpi depuis le Roi Charles Albert jusqu'en 1865. Le comte de Cavour et les ingénieurs de la percée des Alpes* par M. Hudry-Menos R. D. D. M. XXXV Année, Seconde Periode. Tome cinquante-cinquième, 15 Février 1865 4^e livraison) il signor Hudry-Menos spezza una lancia in favore del Professore Colladon asserendo a lui doversi prin-

informati dapprima sui procedimenti coi quali si intraprendeva il Traforo avendo essi reclamato, si ritrassero dall'arringo appena riconobbero avviarsi i lavori con metodi non mai avvertiti, che nessuna impronta manifestavano di maniere prima note.

Non così fu del signor Piatti, il quale per oltre dieci anni e con argomenti che, come avrò occasione di dimostrare, sono affatto destituiti di fondamento, così si adoperò colle stampe (1), coi gior-

cialmente attribuire il merito delle invenzioni merè le quali furono perforate le Alpi. L'autore appoggia codesta sua asserzione sul fatto che il privilegio del Colladon domandato nel 1852 non gli fu concesso che nel 1854, mentre in questo frattempo « altri scienziati più fortunati, più potenti o meglio appoggiati » entrati in concorrenza con lui vinsero la prova. Tale apologia oltre ad errori di date, molti ne contiene di fatti, specialmente su ciò che riguarda l'essenza del progetto effettivamente presentato dal Colladon ed il posto ch'esso verrebbe ad occupare fra i molti proposti in argomento: del rimanente l'avere il Colladon stesso desistito da ogni reclamo in seguito agli schiarimenti avuti, dimostra che nessun plagio venne in di lui danno commesso, quindi da questo lato di nulla potersi accagionare gli illustri Ingegneri Piemontesi.

(1) *S. E. il Signor Commendatore Pietro Paleocapa, Ministro dei lavori pubblici e i Signori ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller chiamati al Tribunale dell'opinione pubblica.* Varallo. Tipografia di Antonio Colleoni, 1855.

La propulsione ad aria compressa ed i misteri dei ministri Cavour e Paleocapa. Estratto dal giornale di Milano:

nali, così si agitò, si effigiò a vittima, che come meglio gli fu possibile la opinione diffuse a lui essersi rapito il merito di invenzioni generosamente da lui fatte di pubblica ragione nel 1853 e delle sue vesti essersene adorni gli Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller, i quali colle sue idee, coi suoi disegni, coi suoi consigli, misero mano alla perforazione delle Alpi.

E per vero se nello studio di simili questioni è soddisfatta la maggioranza dall'autorità dei nomi che appoggiano l'uno o l'altro partito, la questione sarebbe senza dubbio in nostro favore risolta, imperciocchè mentre dal lato degli Ingegneri Piemontesi si schierano compatti nomi tanto cari alla patria ed alla scienza come quelli di Cavour, Paleocapa, Menabrea, Sella, Des Ambrois, Giulio, Ruva, Sismonda, noi scorgiamo il signor Piatti solo a sostenere la sua tesi, non trovando noi in suo appoggio che scritti di lui o tutto al più anonimi articoli in qualche periodico quotidiano, per la maggior parte zeppi di inesattezze fino al ridicolo, giungendosi in alcuni a sostenere essere il Piatti morto di crepacuore pochi mesi dopo l'approvazione del progetto in seno al Parlamento Subalpino, mentre una tale approvazione seguiva nel 1857

« La Bilancia » del mese di Maggio 1856. Milano coi tipi di Giuseppe Redaelli. Oltre a diversi altri articoli pubblicati nel volume XI del Politecnico e nel giornale dell'Ingegnere Architetto ed agronomo degli anni 1858 e 1859.

ed il signor Piatti scriveva ancora contro gli Ingegneri Piemontesi ed il Governo nel 1864 (1).

Una rapida analisi che io m'accingo a fare delle proposte del Piatti ci metterà in grado di giudicare lo scritto su cui sono fondate le sue pretese di priorità.

Questa pubblicazione nella quale l'Autore si propone di applicare l'aria compressa al perforamento delle Alpi, porta la data del Gennajo 1853 ed egli stesso la volle diffusa a mezzo della stampa affinchè potesse essere esaminata non solo dal Governo, al quale chiedeva il giudizio pronunciato da una Commissione Tecnica, ma altresì dal pubblico. Esisteva allora presso l'Azienda generale delle Strade Ferrate una Commissione permanente la quale oltrechè discutere le cose attinenti alle ferrovie dello Stato, veniva anche di quando in quando richiesta del suo parere sui nuovi procedimenti per i quali si chiedevano privilegi: e su questi non di rado portava il proprio giudizio, non prima però che uno dei suoi membri avesse preventivamente esaminate e trovate degne di considerazione le

(1) *Come sia stata risolta al Ministero dei Lavori Pubblici la vertenza: Piatti, Grandis, Grattoni e Sommeiller sulla priorità di concetto e di proposta del complesso di meccanismi col quale s'intraprese il Perforamento del Moncenisio per G. B. Piatti.* (Il Politecnico, Vol. XXIII, Fasc. 1^o e 11^o Ottobre e Novembre 1864).

Il Piatti mancò effettivamente ai vivi addì 4 Settembre 1867.

proposte, nel caso contrario la Commissione passava oltre e l'Amministrazione si teneva paga del preventivo avviso enunciato dal suo Commissario. Di tale Commissione formavano parte appunto nel 1853 gl'Ingegneri Grandis e Sommeiller (1) e fu precisamente al primo demandato l'incarico di esaminare preventivamente il libro del Piatti: ed il risultato di tale esame fu che lo scritto in questione non conteneva cosa « nè applicabile, nè nuova e lasciava la questione dell'aria compressa nello stato in cui l'Autore l'aveva trovata. » Tale essendo il giudizio preliminare e trovandosi esso concorde col concetto che gli altri Membri della Commissione se ne erano formati, la vertenza non ebbe seguito. Ora gli è sopra questa circostanza che si fonda l'accusa lanciata contro Grandis e Sommeiller di aver cioè approfittato delle comunicazioni che avevano mandato di esaminare come membri della Commissione per impadronirsene e farle privilegiare a nome loro ed a detrimento del vero autore. Ma ove si rifletta che alla sola pubblicazione si limitarono le comunicazioni fatte alla Commissione e che questa era stata dal suo autore diffusa a mezzo della stampa, parmi cada l'accusa da sè, non potendosi in alcun modo far luogo a credere possibile il plagio ed il raggiro in danno

(1) *Risposta dell'Ingegnere Sommeiller alle accuse mosse dal signor G. B. Piatti contro gli Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller. Torino 14 Giugno 1857.*

d' un lavoro che tutti, senza essere Membri della Commissione, avevano avuto agio di leggere e di esaminare.

Che se a tali ragioni non ci tenessimo paghi, non mancano certamente i mezzi per potere indipendentemente da esse formarci un giusto criterio della questione e giudicare poi con piena conoscenza di causa se il *sic vos non vobis* sia nel caso presente applicabile. Se noi riusciremo infatti a dimostrare conforme al vero il giudizio pronunciato dal Grandis nel suo esame preventivo, se potremo in seguito provare che nulla di comune hanno le proposte del signor Piatti con quelle attivate dagli Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller avremo la piena ed intera soluzione del problema.

Chi volesse nella storia della Scienza ricercare l'epoca della prima applicazione dinamica della forza elastica dell'aria compressa deve risalire all'anno 120 innanzi Cristo e cercare nelle *Pneumatica* di Erone il vecchio, il principio ch'egli stesso applicò alla sua notissima fontana. Quasi diciannove secoli trascorsero prima che il principio enunciato dal filosofo Alessandrino trovasse una utile applicazione nell'industria, quando cioè nel 1755 il padre Hall (1) ebbe a costruire la sua mac-

(1) *Traité élémentaire des Machines* par M. Hachette. Quatrième édition, Paris 1828. Chapitre Premier. Des Machines hydrauliques de première classe, mues par l'eau: De

china a colonna d'acqua destinata a prosciugare le miniere di Chemnitz. Tacerò delle modificazioni ad essa recate da Boswell, nè entrerò pure in particolari sull'ariete di Montgolfier (1) trasformato in seguito dal Marchese di Caligny in macchina soffiante per venire direttamente nel secolo nostro nel quale i meccanici credendo di avere colla macchina di Hall l'aria compressa vennero immaginando centinaia e centinaia di sistemi onde applicarla alle strade ferrate ed alle altre industrie.

In un libro pubblicato a Parigi dal sig. Andraud nel 1840 (2) e che ebbe parecchie edizioni, noi tro-

la machine à Siphons. De la fontaine de Héron et des lampes hydrostatiques, de la Machine de Hell, ou de Schminitz.

Veggasi inoltre a questo proposito nel *Journal des Arts et Manufactures* Tome XIII, pag. 210 la descrizione della macchina stessa colle modificazioni introdotte da Boswell (1796) il quale sostituì l'azione dell'acqua a quella degli uomini che nella macchina primitiva di Hall aprono e chiudono i rubinetti principali.

(1) *Journal de l'École Polytechnique* 1808.

(2) *De l'air comprimé et dilaté comme moteur, ou des forces naturelles recueillies gratuitement et mises en réserve* par M. Andraud. Seconde édition, augmentée d'une partie expérimentale, etc. Paris, chez Guillaumin, 1840.

Debbo però riferirmi alla versione tedesca che di questo lavoro ha fatta con molta cura lo Schmidt sotto il titolo « *Ueber die comprimirte Luft als universal Triebkraft*. Weimar 1841, » non essendomi riuscito per quanto attive ricerche io abbia istituito ad avere tra mano l'edizione originale.

viamo dati assai preziosi in argomento e che mi limiterò a citare soltanto nelle parti più essenziali. L'Andraud uomo di larghe vedute e che aveva a lungo studiata la questione dell'aria compressa, propone di usarla come agente universale per la trasformazione e la conservazione delle forze naturali e di sostituirla per quanto possibile al vapor d'acqua ed agli altri agenti meccanici, esponendo in seguito i mezzi di esecuzione ch'egli crede più acconci allo scopo. Si stabiliscano, dice l'Autore, dappertutto dove se ne farà sentire il bisogno ruote coliche ed idrauliche, si adatti a ciascuna di esse una buona pompa che comprima l'aria in un recipiente e si impieghi quest'aria, raccolta in serbatoj e distribuita con appositi condotti, come motore universale. E poichè con tale sistema assai malagevole per non dire impossibile, riuscirebbe la compressione dell'aria, suggerisce l'impiego di pompe ad effetto progressivo, prevedendo non molto lontano il tempo in cui lasciate da parte le pompe, mezzi più semplici ed energici avrà il meccanico a sua disposizione.

E nel libro istesso noi troviamo fatta menzione delle proteste che contro l'Autore si sollevarono quando per la prima volta delle sue proposte si fece menzione in seno all'Accademia delle Scienze, ciocchè proverebbe ancora una volta a quante illusioni desse luogo la speranza di poter usare d'un cotal mezzo di trasformazione del motore comprimente, mentre ancora non si era trovato il mezzo

di ottenere industrialmente l'aria compressa medesima, si usasse anzi a questo scopo nelle esperienze della dispendiosa forza del vapore. E l'Andraud tenendo appunto parola delle accuse che a lui furono mosse, conferma non essersi date fino a lui vere invenzioni in argomento, ma semplicemente applicazioni più o meno imperfette d'un principio già noto, e non potersi dare diritto esclusivo che in favore di chi avesse a trovare organi meccanici nuovi, atti ad estendere alle industrie l'applicazione dell'aria compressa ottenuta in grandi proporzioni a mezzo di forze gratuite. Limitandosi adunque alla proposta di compressione dell'aria a mezzo di trombe ad effetto progressivo, egli ne suggerisce l'applicazione alle macchine fisse, all'esercizio delle miniere (1) e delle cave, alla

(1) Se coi mezzi dei quali intendeva disporre l'Andraud per la compressione dell'aria non era possibile ottenerne le applicazioni industriali ch'egli ideava, fu nondimeno profeta ed appena mediante il compressore Grandis, Grattoni e Sommeiller si ottenne industrialmente l'aria compressa ne cominciò l'impiego in casi diversi.

Così, negli *Annales du Génie Civil* del Marzo 1870 si annuncia che l'apparecchio perforatore adoperato nella escavazione meccanica della Galleria delle Alpi è stato recentemente posto in opera per praticare i fori da mina nelle cave di carbon fossile di Murihaye. Due compressori comprimono l'aria e la spingono in un serbatoio della capacità di 140 m. c: quest'aria sottoposta alla pressione di 5 a 5 atmosfere è mandata entro due gallerie per alimentare le

locomozione sulle strade ferrate ed ordinarie, alla navigazione, all'agricoltura, alla difesa delle fortezze, al trasporto delle lettere, alla navigazione aerea ed al perforamento della terra.

Non procederemo più innanzi nell'esame del libro del signor Andraud, ci basterà soltanto per il nostro scopo aver constatato che fino dal 1840 troviamo proposto l'impiego delle cadute d'acqua alla compressione dell'aria a mezzo di pompe ad effetto progressivo.

macchine perforatrici. Quanto alla roccia nella quale si praticano i fori da mina disposti in modo analogo a quello che si usa nella gran Galleria, essa è uno schisto di media durezza e l'avanzamento risulta molto più sollecito ed anche meno dispendioso che col sistema ordinario.

Nè questo fu il primo caso di applicazione dell'aria compressa ai lavori delle miniere, poichè nel *Zeitschrift für Berg-Hütten und Salinenwesen* del 1869 troviamo una memoria del Signor Hasslachner sull'impiego dell'aria compressa nelle cave di carbon fossile di Saarbruck. Quivi i compressori sono mossi da una macchina a vapore e rassomigliano moltissimo a quelli a tromba impiegati al Traforo delle Alpi, quanto ai perforatori essi sono costruiti secondo il sistema dell'ingegnere Sachs analogo affatto a quello di Sommeiller ed a quello di Schuman usato per molto tempo a Freiberg. Circa l'applicazione del nuovo metodo all'escavazione delle miniere il signor Hasslachner autore della citata memoria conchiude potersi ormai con tutta certezza asserire che l'impiego dei perforatori permette di economizzare la metà degli operai e del tempo che è necessario col lavoro a mano.

Ma a queste soltanto non si limitano le proposte di applicazione dell'aria compressa prima del Piatti e senza entrare in particolarità ci limiteremo ad accennare i privilegi rilasciati in Francia dal 1844 al 1846 (1) a Chameroy per un sistema di locomozione ad aria compressa, a Pecqueur per sistema di strade ferrate atmosferiche, a Gibbes per locomotive mosse dall'aria compressa, a Power per un sistema di strada ferrata con motore ad aria compressa con tubo propulsore, valvola longitudinale e stantuffo rimorchiatore, a Jobard per strada atmosferica e trasporto della forza a grandi distanze, a Thier per un sistema di strada ferrata ad aria compressa del tutto analogo a quello proposto dal Piatti qualche anno più tardi. — Nè basta ancora, che nel 1846 il Crelle di Berlino pubblicava una memoria (2) sul modo di usare dell'elasticità dell'aria atmosferica come forza motrice sulle strade ferrate esponendo con molta dottrina tutti i sistemi fino allora proposti, aggiungendone altri di suoi e corredando il tutto dei calcoli e dei disegni relativi allo stabilimento di ciascun sistema.

(1) Armengaud aîné, *Publication industrielle des Machines, Outils et Appareils les plus perfectionnés et les plus récents employés dans les différentes branches de l'industrie française et étrangère*. Tome sixième 1856. Chemins de fer atmosphériques.

(2) *Mémoire sur les différentes manières de se servir de l'élasticité de l'air atmosphérique comme force motrice sur les chemins de fer*, par L. A. Crelle.

Visto così a qual punto fossero portati gli studi sull'aria compressa, prendendo ad esaminare il memoriale del signor Piatti, noi cominciamo dal trovarvi proposto un sistema di propulsione ad aria compressa da motori idraulici con tubo propulsore munito di valvola longitudinale e con istantuffo rimorchiatore: inutile ripetere qui che questo sistema, come abbiamo veduto, era stato in precedenza suggerito da Power, sviluppato in ogni suo particolare dal Crelle. A produrre poi l'aria compressa necessaria per la propulsione, propone la tromba comprimente ad effetto progressivo che troviamo accennata fin dal 1840 nell'opera dell'Andraud. Per quanto adunque riguarda la compressione dell'aria a mezzo di trombe e la locomozione ad aria compressa noi troviamo pienamente giustificato il giudizio assennatamente pronunciato dall'ingegnere Grandis, che cioè il libro del signor Piatti lasciava la questione dell'aria compressa dove l'aveva trovata.

Progredendo nell'esame di siffatto libro, noi troviamo proposto ancora per la compressione dell'aria la tromba comprimente idraulica che gl'Ingegneri Piemontesi, a quanto dicono i loro oppositori, avrebbero copiata approfittando dell'incarico loro demandato di esaminarla. Un semplice sguardo alla tromba comprimente idraulica ce l'addita, meno poche varianti, come una copia della macchina di Hall stabilita a Chemnitz della quale abbiamo già tenuto parola.

Ecco in breve il principio sul quale si fondano ambedue i citati apparecchi.

S'immagini un serbatojo collocato ad una certa altezza dal quale l'acqua venga condotta ad un recipiente che può o meno comunicare col condotto del serbatojo mediante apposita valvola collocata verso il suo fondo. Aperta la valvola e lasciato libero accesso all'acqua, se nel recipiente si troverà uno stantuffo, verrà sollevato e sollevandosi comprimerà quella quantità d'aria che si trovasse al di sopra di esso, la quale aria sarà precisamente compressa fino a che abbia acquistata una tensione uguale alla pressione dell'acqua. Quando ciò avvenga, stabilito l'equilibrio fra l'aria e la colonna d'acqua, quest'ultima cesserà di affluire nel recipiente, e quando per appositi fori muniti di valvola l'aria compressa si porterà in un serbatojo, il recipiente si riempirà completamente d'acqua che potrà poi essere scaricata per altra apertura munita di valvola, lasciandosi per altra via libero accesso nel recipiente medesimo a nuova aria. Lo stantuffo riprenderà allora la primitiva posizione, il recipiente si troverà pieno d'aria ed avendosi opportunamente regolate le valvole tutto l'apparecchio si troverà disposto alla produzione d'una nuova massa d'aria compressa.

Allo scopo pertanto di evitare l'intermittenza della caduta d'acqua e la conseguente intermittenza nella produzione dell'aria compressa la tromba, che nel caso concreto viene a sostituire il nostro

recipiente, può farsi a due o più cilindri ed il movimento degli stantuffi può in ciascuno di essi essere regolato per modo che gli uni si muovano in senso contrario agli altri. Una essenziale differenza che passa fra l'apparecchio di Hall e quello del meccanico lombardo consiste in ciò che allo stantuffo ordinario del primo ne venne sostituito uno di forma particolare di diametro alquanto minore di quello del rispettivo corpo di tromba ed a questo congiunto col mezzo d'un sacco aperto di cuojo. Degli apparenti vantaggi e degli inevitabili inconvenienti di tale sostituzione, non è questo il luogo di parlare, a noi basterà l'aver provato che il sedicente nuovo apparecchio si basa sopra principio da lungo tempo notissimo; quanto al dimostrare che non esiste fra esso ed il compressore idropneumatico analogia veruna, questo risulterà chiaro da una brevissima descrizione che noi faremo dell'apparecchio veramente nuovo e che poi potremo facilmente confrontare col già accennato.

Anche nel compressore idropneumatico come nelle macchine soffianti impiegate nello Hartz, come nella macchina di Chemnitz, si applica direttamente alla compressione dell'aria l'azione d'una colonna d'acqua. Ma in questo la colonna d'acqua giunta alla fine del tubo assai inclinato di condotta trova non una piccola apertura per la quale passando l'acqua, dirò quasi, a stento lentissimamente si solleva nel corpo di recipiente annesso al tubo in modo che cessi ogni movimento appena la pres-

sione dell'aria sovrastante venga a pareggiare quella della colonna d'aqua contenuta nella colonna discendente, più la pressione dell'atmosfera, bensì nel compressore l'apertura mantenuta uguale alla sezione del tubo di condotta permette che la discesa dell'aqua si faccia molto più rapida in modo che tutta la massa liquida concepisca una velocità considerevole. Così quando nel recipiente l'elasticità dell'aria sia venuta ad uguagliare la pressione dell'aqua, non per questo si arresterà ad un tratto il movimento, ma per la forza viva dell'aqua continuerà il livello di questa a sollevarsi nel recipiente finchè l'ostacolo cedevole che alla sua salita oppone la elasticità dell'aria non sia pervenuto a spegnerne a poco a poco tutta la velocità: continuerà allora la compressione dell'aria la quale alla fine potrà superare di molto quella che corrisponderebbe alla sola pressione statica dell'aqua e dell'atmosfera. Quanto alle valvole esse sono mirabilmente disposte e messe in movimento mercè l'azione automatica d'una macchinetta a colonna d'aqua acconciamente disposta.

La differenza che chiara risulta tra i due apparecchi e che a prima giunta per i non intelligenti in materia, sembrerebbe di lieve momento è invece tale da fare del compressore idropneumatico un apparecchio affatto nuovo (1), il primo anzi nel

(1) Affinchè più chiara risulti la essenziale differenza che passa tra la tromba Piatti e quella fin da principio pro-

quale comprimendo direttamente l'aria si impieghi la forza viva dell'acqua dando uguale sezione a tutta intiera la colonna comprimente. E che l'idea fosse nuova infatti, che anzi si ritenesse impossi-

posta dagli Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller derivante principalmente dall'usufruire nel primo caso della sola pressione idrostatica d'una colonna d'acqua, dall'impiegare nel secondo la forza viva dell'acqua, riferiremo qui appresso un semplicissimo calcolo che non è che la traduzione in linguaggio matematico delle cose fin qui riportate.

Fatta astrazione dall'altezza della camera di compressione per ottenere colla tromba Piatti una certa tensione T espressa in atmosfere si rende necessaria una caduta uguale almeno a $40,55 \times T$, nel compressore dei tre ingegneri Piemontesi invece per ottenere la medesima tensione vuolsi impiegare una caduta:

$$40,55 \times \log. \text{ iperbolico } T$$

come risulta da breve calcolo e da apposite tavole compilate in seguito ad accuratissime esperienze. Nella prima delle macchine in questione adunque la caduta è proporzionale alla tensione, nella seconda, al logaritmo iperbolico della tensione medesima.

Quindi se si consideri un metro cubo d'aria compressa a tensioni diverse e disponibile nel serbatoio, quel volume d'aria indipendentemente dall'altezza della colonna comprimente costerà un numero di metri cubi d'acqua uguale al numero delle atmosfere della tensione: così un metro cubo d'aria compressa a sei atmosfere costerà sei metri cubi d'acqua: a T atmosfere, T metri cubi d'acqua.

Ora i T metri cubi d'acqua nella tromba Piatti dovranno cadere dall'altezza di $40,55 \times T$, per cui il lavoro teorico sarà

$$1000 \times 40,55 \times T \times T = 40550 T^2$$

bile il mandarla da effetto, provano all'evidenza le obbiezioni mosse dai tecnici al nuovo apparecchio non appena ne comparve la proposta, poichè non si credeva esistessero apparecchi di produzione

E siccome il lavoro teorico contenuto nel metro cubo d'acqua supposto nel serbatoio è:

$$10550 T \log. ip. T$$

il rapporto tra il lavoro disponibile nel metro cubo d'aria ed il lavoro consumato a produrlo colla tromba, sarà:

$$\frac{10550 T \log. ip. T}{40530 T} = \frac{\log. ip. T}{T}$$

Per lo contrario siccome nel compressore idropneumatico per avere una tensione di T atmosfere si richiede una caduta di $40,33 \log. ip. T$, il lavoro dei T metri cubi d'aria sarà $10550 T \log. ip. T$ ed il rapporto del lavoro disponibile, accumulato nel metro cubo d'aria nel serbatoio, al lavoro consumato nel produrlo, sarà:

$$\frac{10550 T \log. ip. T}{40530 T \log. ip. T} = 1.$$

Quindi, *teoricamente*, il compressore a tutte le pressioni darebbe un lavoro disponibile in aria compressa uguale al lavoro della caduta d'acqua impiegata.

Un tale risultato si ha però a ritenere soltanto in via dimostrativa e di confronto, mentre per quanto riguarda a stretto rigore di calcolo il lavoro meccanico necessario alla compressione dell'aria ed il lavoro sviluppato nella sua dilatazione noi ci riferiamo completamente alla nota che si trova a pag. 27 della nostra Memoria inserita nel Fascicolo XXXVI° della Rivista Periodica dei lavori di questa R. Accademia.

Dai surriferiti risultati per quanto riguarda la tromba Piatti si riconosce come il suo effetto utile diminuisca a mi-

capaci di resistere alla prepotente azione della forza viva d'una colonna d'acqua che si annunciava in proporzioni gigantesche.

Quanto ai vantaggi d'una tale innovazione essi si rilevano subito dal considerare che nel compressore la tensione acquistata dall'aria è di necessità sempre maggiore della pressione idrostatica della colonna comprimente e mentre con tale apparecchio senza bisogno di enormi cadute si può raggiungere quella tensione che più è conveniente alle operazioni alle quali si destina l'aria compressa per tal modo ottenuta, colla tromba idraulica del Piatti invece, per sua stessa confessione (1),

sura che la caduta aumenta: per modo che se si volesse comprimere aria a 6 atmosfere, l'effetto utile teorico sarebbe

$$\frac{\log. ip 6}{6} \text{ cioè } \frac{18}{60} \frac{9}{30}$$

del lavoro della caduta cioè nemmeno $\frac{1}{5}$.

Per dieci atmosfere si avrebbe $\frac{25}{100}$

cioè nemmeno $\frac{1}{4}$.

Per trenta atmosfere si avrebbe $\frac{54}{300}$

cioè nemmeno $\frac{1}{8}$.

Vedi *Risposta* citata.

(1) « Per la compressione dell'aria a tre atmosfere attive, siccome sarà ben raro il caso di poter disporre d'una caduta di 55 metri di altezza, così a questa tromba (cioè

quando si voglia una tensione superiore a quella di tre atmosfere effettive (essendo raro il caso di poter disporre d'una caduta di 35 metri) si deve alla tromba combinare quell'altra ad effetto progressivo fondata come abbiamo veduto sulle idee esposte dall'Andraud.

Ecco in ogni caso un esempio se non brillante, almeno alla portata di tutti, il quale serve mirabilmente a spiegare la differenza essenziale che passa fra i principj sui quali si fondano i due apparecchi.

Se si voglia conficcare un chiodo nel legno si possono evidentemente seguire due strade diverse; o caricare la capocchia del chiodo d'un peso sufficiente a cacciarlo nel legno, o conficcarvelo a colpi di martello: nel primo caso si fa uso della pressione statica prodotta dal peso e diciamo statica perchè il peso dee suppersi collocato sulla testa del chiodo senza urti, senza velocità preconcepita, in una parola senza forza viva, col martello invece usiamo di questa forza viva (1). Ora gli ingneri Piemontesi vogliono conficcare il chiodo battendovi su col martello, il meccanico lombardo caricandolo di un peso, e si potrà dire che i primi hanno copiato dal secondo?

» alla comprimente idraulica) si potrà combinare, per le » alte pressioni, quella descritta nel precedente capitolo (cioè la tromba comprimente). » *Proposta per la strada ferrata* etc. di G. B. Piatti pag. 28.

(1) Vedi *Risposta* citata.

A questo quesito ha indirettamente risposto la Commissione governativa incaricata dell'esame dei nuovi apparecchi a mezzo del suo relatore, il Giulio, col seguente verdetto (1): *La soluzione d'un tale problema* (cioè la produzione d'una grande quantità d'aria fortemente compressa) *non è stata mai, per quanto sappiamo, tentata prima che i signori Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller volgessero ad esso i loro pensieri.*

Dimostrata questa prima parte, molto più facile diventa il nostro compito per quanto riguarda la macchina perforatrice.

Quanto ad un tale apparecchio, di prima necessità per un progetto di perforazione, ecco quanto troviamo nella già citata memoria del signor Piatti:

« I fori per le mine saranno praticati da una
» macchina di percussione messa in operazione
» dall'aria compressa, imitando, moltiplicandolo,
» il lavoro manuale dei minatori »

.
La macchina si comporrebbe principalmente:

1.^o d'un certo numero di cilindri entro i quali scorrerebbe uno stantuffo spinto dall'aria compressa.

2.^o di scalpelli da minatore, sul capo dei quali

(1) *Rapporto della Commissione governativa istituita per l'esame delle macchine dei Signori Grandis, Grattoni e Sommeiller.*

gli stantuffi suddetti andrebbero a percuotere con grande violenza alla guisa di martelli.

Poche altre cose, oltre le essenziali citate, sono aggiunte nel libro, senza calcoli nè disegni, ecco tutto il progetto di macchina perforatrice, a ciò si aggiunga che l'idea di praticare a macchina i fori da mina non era nuova e se ne trova menzione in trattati speciali ed in memorie (1) anteriori allo scritto del signor Piatti.

Per quanto tuttavia incompleto l'abbozzo, basterà, senza entrare in particolari, l'accennare, che il perforatore Sommeiller riposa sull'idea d'uno stantuffo a corsa irregolare, dal quale la distribu-

(1) *Voyage dans l'Amerique du nord en 1855 et 1854 avec notes sur les expositions universelles de Dublin et de New-York par M. Guillaume Lambert. Bruxelles, Hayez imprimeur de l'Academie Royale de Belgique.*

In quest'opera è fatta menzione dei molti privilegi rilasciati a Washington per macchine destinate a praticare i fori da mina e fra gli altri sono citati quelli concessi a Kueigs nel 1849, a Couch pure nel 1849, a Fowle nel 1851, a Foster e Bayley nel 1848.

Inoltre in una rivista storica delle varie macchine perforatrici ne trovo notata una misla impiegata nel 1852 in America per l'escavazione della Galleria attraverso il monte Hoosac sulla linea da Troy a Boston. (*Dei perforatori in generale e del perforatore Sommeiller in particolare* per P. Fautrier, nelle *Relazioni delle esperienze e visite fatte dagli Allievi della R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino nelle loro esercitazioni pratiche annuali. Anno III.° Tomo III.° Torino 1868*).

zione è affatto indipendente e sull'avanzamento dello scalpello-stantuffo a seconda della durezza della pietra, perchè si riconosca nulla esservi di comune fra i due.

Delle altre proposte del Piatti come della accensione della polvere a mezzo della scintilla elettrica, procedimento già noto, dello sgombrò del materiale a mezzo di appositi motori, non tratteremo, perchè nulla di simile essendosi attivato nel corso dei lavori, tali proposte non possono fornire argomento a questioni di priorità in confronto dei procedimenti adottati (1).

Riassumendo ora in breve quanto fin qui sono venuto, forse un po' prolissamente esponendo, parmi poter concludere: non sussistere in primo luogo l'accusa mossa contro gli Ingegneri Piemontesi d'aver approfittato della loro veste di esaminatori del progetto ad essi sottoposto, per appropriarsene le idee; e riuscire d'altronde per i citati argomenti pienamente giustificato il giudizio che l'Ingegnere Grandis aveva in via preventiva dato del progetto in questione; essere finalmente dimostrato

(1) Tutto quanto siamo venuti dicendo sugli apparecchi impiegati al Traforo delle Alpi deve intendersi riferito a quelli ch'erano proposti nel progetto primo che fu approvato dal Parlamento, poichè su di essi principalmente s'aggravò la controversia. Quanto alle modificazioni ed alle innovazioni successivamente introdotte e richieste dai bisogni dei lavori esse si trovano naturalmente fuori di questione.

nulla esistere di comune fra il progetto attivato e quello del signor Piatti che idee e concetti già preventivamente nel dominio della scienza, mentre il compressore idropneumatico veniva ad essere una macchina nuova che somministrava industrialmente l'aria compressa che fino allora non si aveva, nè maggiore comunanza di principio esservi fra l'elegante perforatrice che ha testè compiuto il traforo ed il semplice abbozzo esposto nel progetto pretesto a tante controversie.

Prima tuttavia di abbandonare un tale argomento, mi sia lecita una dichiarazione. Voglio constatare che mio unico scopo fu quello di ristabilire i fatti nella loro verità e che lungi da me fu sempre il pensiero di portare oltraggio al nome del Piatti, il quale io sono piuttosto inclinato a considerare come un illuso e di buona fede che come quel maligno intrigante che qualche suo scritto isolatamente considerato porterebbe a pensare e come troppo zelanti partigiani coperti dalla comoda maschera dell'anonimo con mal tessuti cavilli indurrebbero a credere.

Ci conforti pertanto il pensiero che il Governo, il Parlamento ed il Paese resero in ogni tempo giustizia agli illustri Ingegneri Piemontesi per modo che non abbia mai potuto la questione di priorità uscire dai limiti d'una controversia: ed oggidì il loro nome incontrastabilmente collegato al titanico lavoro passa alla posterità accanto a quello dei più celebri inventori. E la vittoria da

essi riportata contro le difficoltà che insorgevano ad ogni istante, fu ancora nobile compenso al Piemonte, che colle finanze tuttora esauste da una lotta che avrebbe abbattuto per sempre un paese meno coraggioso, ebbe l'ardire d'intraprendere da solo l'esecuzione d'un progetto grandioso tanto da essere chimerico a giudizio dei più.

Il Traforo delle Alpi, dice Boltshauser (1), è uno di quegli sforzi giganteschi nei quali si impegnano i risparmi e le risorse d'una intiera generazione. Ma noi aggiungeremo tosto che è una di quelle opere destinate a restituire ad usura quanto hanno assorbito, è una di quelle opere che mentre provvedono all'interesse economico d'una nazione, provvedono eziandio al suo decoro, alla sua dignità.

Un tanto lavoro compiuto ai nostri giorni è l'augurio più lusinghiero per l'avvenire e le incalcolabili conseguenze che i nuovi procedimenti in esso adottati sono per apportare nella scienza e nell'industria, lo rendono tale da non trovarne riscontro nei tempi che furono, tale infine che per esso la scienza meccanica italiana, pur rinunciando per un momento ad un passato sì ricco di glorie, potrebbe con giusto orgoglio dire al mondo: la mia storia comincia dal Traforo delle Alpi....!, e sarebbe grande abbastanza.

(1) *Il Monte Ceniso ed il Traforo delle Alpi* di G. A. Boltshauser (Il Politecnico Vol. XXII. Fasc. 1°. Luglio 1864).

QUADRO degli *avanzamenti annui ottenuti*
coi *mezzi ordinari e meccanici.*

ANNI	Cantiere di						TOTALE per i due imbocchi	
	BARDONNÈCHE			MODANE			Totale lavoro per ciascun imbocco	TOTALE generale
	Lavori coi mezzi ordinarij	Lavori coi mezzi meccanici	TOTALE	Lavori coi mezzi ordinarij	Lavori coi mezzi meccanici	TOTALE		
1857	27.28	—		10.80	—		58.08 (a)	
1858	257.57	—		201.95	—		459.52	
1859	236.35	—		152.75	—		389.10	
1860 (b)	203.80	—		159.50	—		363.30	
1861	—	170.00		195.00	—		365.00	
1862	—	380.00		245.00	—		625.00	
1863	—	426.00		—	376.00		802.00	
1864	—	621.20		—	466.65		1087.85	
1865	—	765.50		—	458.40		1223.90	
1866	—	812.70		—	212.29		1024.99	
1867	—	824.50		—	687.81		1512.31	
1868	—	658.60		—	681.55		1340.15	
1869	—	827.70		—	605.75		1433.45	
1870	—	889.45		—	745.85		1635.30	
	725.00	6555.25	7080.25	921.00	4259.50	5180.50		
				Totale Galleria scavata in piccola sez. al 26 Dic. 1870				12255.55

**QUADRO degli avanzamenti mensili ottenuti coi mezzi meccanici
del 1° Aprile al 26 Dicembre 1870.**

ANNI E MESI	Avanzamento ottenuto						Avanzamento totale ai due imboechi		
	BARDONNECHE			MODANE			Mensile	Tri- mestrale	TOTAL.
	Mensile	Tri- mestrale	TOTAL.	Mensile	Tri- mestrale	TOTAL.			
Avanzam. al 1. Apr. 1870	—	—	6588.80	—	—	4525.25	—	—	10914.05
Aprile . . .	70.50			52.45			122.75		
Maggio . . .	76.70	214.85		75.85	198.50		152.55	415.15	
Giugno . . .	67.85			70.00			157.85		
Luglio . . .	75.75			75.50			151.05		
Anno 1870	79.80	259.45	691.45	67.05	230.55	628.05	146.85	460.00	4519.50
Settembre . .	85.90			78.20			162.10		
Ottobre . . .	89.20			79.50			168.70		
Novembre . .	80.10	257.15		74.10	209.20		154.20	446.55	
Dicembre . .	67.85			55.60			123.45		
Avanz. al 26 Dic. 1870 M.			7080.25			5153.50			12253.55

**QUADRO indicante l'avanzamento della Galleria in piccola Sezione
al 26 Dicembre 1870.**

Indicazione dell'avanzamento	IMBOCCO SUD	IMBOCCO NORD	TOTALE ai due imbocchi
Laughezza presunta della Galleria da scavarsi. . .	—	—	12220.00
Avanzamento al 1.° Gennaio 1868	4724.50	5122.15	
Avanzamento dal 1.° Gennaio 1868 al 26 Dicembre 1870	2555.75	2031.15	42235.85
Scavati in più al 26 Dicembre 1870			M. 13.85

QUADRO dei Lavori in Galleria al 1.° Gennaio 1871.

Natura del Lavoro	IMBOCCO SUD				IMBOCCO NORD			
	al 1. Gennaio 1871	al 1. Gennaio 1868	Differenze al 1.° Gennaio 1871		al 1. Gennaio 1871	al 1. Gennaio 1868	Differenze al 1.° Genn. 1871	
			Valore Lod.	Valore Riliv.			Valore Lod.	Valore Riliv.
Galleria completamente ultimata escluso l'aquedotto ed il marciapiedi	6293 50	5960 20	2333 30	—	4327 00	2453 45	2093 55	—
Galleria completamente scavata e rivestita della sola calotta	17 00	42 35	—	25 35	30 75	11 65	19 10	—
Galleria scavata in piccola sezione ed in calotta e rivestita solo in calotta	94 00	449 15	—	35 15	79 25	79 10	0 15	—
Galleria scavata in piccola sezione ed in calotta	80 50	401 50	—	20 80	65 70	83 25	—	17 55
Galleria scavata in piccola sezione	595 25	471 50	423 75	—	450 60	514 70	—	64 10
Tratto di Galleria nel quale è ultimato l'aquedotto	6061 40	5570 00	2511 40	—	3975 00	2144 50	1830 70	—
Tratto di Galleria nel quale è ultimato lo scavo per il detto acquedotto	1 00	51 00	—	50 00	—	27 70	—	27 70
Tratto di Galleria nel quale è ultimata la costruzione dei marciapiedi	5448 00	369 50	5158 50	—	3900 00	1959 50	1960 50	—
Tratto di Galleria nel quale è fatto l'arco rovescio	555 85	—	555 85	—	—	—	—	—

QUADRO dei lavori eseguiti dall'Impresa al 1.° Gennaio 1871.

Natura del Lavoro	Dal 1.° Genn. 1868 al 10 Dic. 1870			nella 2. quindicina del Dicembre 1868			Totale dal 1.° Genn. 1868 al 1.° Genn. 1871		
	Im- bocco Sud	Im- bocco Nord	Totale ai due	Im- bocco Sud	Im- bocco Nord	Totale ai due	Im- bocco Sud	Im- bocco Nord	Totale ai due
Galleria completamente ultimata escluso l'acquedotto ed il marciapiede	2503.90	2073.35	29.40	29.40	18.00	47.40	2553.50	2063.35	4420.85
Rivestimento parziale di piedritti	2503.90	2073.35	29.40	29.40	18.00	47.40	2553.50	2063.35	4420.85
Scavo parziale di piedritti	2285.95	2095.35	22.00	22.00	17.50	39.50	2307.95	2112.80	4420.00
Rivestimento parziale di colotta	2291.00	2092.80	51.80	51.80	20.00	51.80	2342.80	2112.80	4455.60
Scavo parziale di calotta	2190.00	2073.15	42.00	42.00	20.10	62.10	2232.00	2065.25	4297.25
Perforamento di piccola Galleria	2526.40	2008.35	29.35	29.35	22.60	51.95	2555.75	2051.15	4586.90
Rivestimento d'acquedotto	2514.40	1850.70	—	—	—	—	2514.40	1850.70	4365.10
Scavo d'acquedotto	2481.40	1805.00	—	—	—	—	2481.40	1805.00	4286.40
Formazione di marciapiedi laterali	5158.50	1960.30	—	—	—	—	5158.50	1960.30	7098.80
„ d'arco rovescio	553.85	—	—	—	—	—	553.85	—	553.85

**QUADRO dei lavori eseguiti dall' Impresa nella Galleria di raccordamento
dell' Imbocco Nord**

Natura del lavoro		Dal 1.° Gen- 1868 al 15 Dic. 1870	nella 2. quindicina del Dic. 1870	Totale dal 1.° Gen. 1868 al 1.° Gen. 1871
Scavo di roccia (grès antracifero), trasporti, puntellamenti ed esaurimenti compresi	m. c.	780 75	136 36	2145 31
Muratura in pietrame scarpellato per volto e piedritti, armature del volto comprese.	"	410 35	— 19 52	391 25
Armamento provvisorio a due binari a calcolo	m. l.	200 00	—	200 00
Scavo di roccia (grès antracifero) ecc. nella Galleria di raccordamento propriamente detta	m. c.	1325 40	— 98 45	926 95
Muratura di pietrame scarpellato per volto e piedritti alla Galleria di raccor- damento propriamente detta	"	539 78	— 421 58	118 20
Galleria completamente ultimata. Articolo 8° del Capitolato (e)	m. l.	52 00	—	52 00
" " esclusi solo i marciapiedi. Articolo 8° del Capitolato	"	451 60	—	151 60
Galleria completamente ultimata escluso il canale di scolo ed i marciapiedi Articolo 8° del Capitolato	"	59 20	2 50	61 70
Galleria completamente ultimata escluso il canale di scolo ed i marciapiedi alla Galleria di raccordamento propriamente detta. Articolo 8° del Capit	"	25 00	5 40	58 40
Galleria completamente ultimata escluso l'arco rovescio, il canale di scolo ed i marciapiedi. Articolo 8° del Capitolato.	"	21 00	—	21 00

N O T E

(a) I lavori di perforazione coi mezzi ordinari cominciarono effettivamente a Bardonnèche nell'Ottobre 1857 ed a Modane nel Dicembre dello stesso anno.

(b) Nel 1860 finì la perforazione coi mezzi ordinari all'imboeco Sud, e le perforatrici entrarono in Galleria da questa parte addì 12 Gennajo 1861, mentre dal lato Nord la perforazione meccanica cominciò il 25 Gennajo 1865.

(c) L'articolo 8 del Capitolato relativo ai lavori di raccordamento dei due imboecchi si riferisce ai pagamenti che seguono a misura dell'avanzarsi dei lavori giusta quanto è stabilito per l'esecuzione della Galleria principale. I pagamenti si verificano dopo la misura dei lavori per la quale sono stabilite le norme nell'articolo 46 della Convenzione che è il seguente:

« Due volte al mese e di quindicina in quindicina si procederà dagli Agenti dell'Amministrazione e coll'intervento dell'Impresa alla misurazione di tutti i parziali lavori che saranno stati effettivamente eseguiti dopo la precedente verifica.

« I risultati delle misure quindicinali non saranno però definitivi, ma si dovrà procedere dopo l'ultimazione delle

opere alle misure finali che serviranno di base nella liquidazione dell'appalto. Questa finale ricognizione verrà fatta detrando dalla lunghezza totale della Galleria compresa fra i due Imbocchi attuali, la parte già compiuta, come risulterà dalle testimoniali di Stato di cui al § 3 dell'art. 49 e misurando, per quanto riguarda la Galleria di raccordamento e l'armamento stradale, il loro sviluppo preso sull'asse del sotterraneo.

E poichè siamo entrati a parlare in qualche modo della partita economica del lavoro ricorderemo la convenzione fra il governo italiano ed il governo francese, firmata a Parigi il 5 febbrajo 1868 e resa esecutiva con reale decreto del 5 Marzo dello stesso anno dopo le ratifiche scambiate il giorno 3 del mese stesso. Per tale convenzione venne stabilito, che il pagamento del capitale di 49 milioni che a fin d'opera la Francia si obbligava a versare in corrispettivo della parte di sotterraneo cadente nel suo territorio della quale l'Italia assumeva il carico, dovesse farsi durante il lavoro ed in ragione del suo avanzamento, in guisa che nel 1868 si versò nelle casse dello Stato la somma di 7 milioni di lire, prezzo convenuto in ragione dei tratti di Galleria ultimati fino a tutto Giugno dello stesso anno. Le rimanenti somme dovevano in ugual modo essere pagate, ed il governo italiano, mercè d'un tal patto assunse l'obbligo di provvedere efficacemente, perchè i lavori spinti con maggiore alacrità assicurassero il compimento del traforo entro il 1871. A raggiungere un tale intento, fu data piena esecuzione ad un contratto di appalto coi signori Ingegneri Grattoni e Sommeiller, concluso sul finire del 1867, col quale acquistarono essi piena libertà d'azione per introdurre tutti i perfezionamenti possibili nella condotta delle opere e nei congegni meccanici di perforazione assumendo in pari tempo l'obbligo di dare il grande sotterraneo intieramente ultimato in tempo da poter aprire l'esercizio della

ferrovia nel prefisso termine del 1871. — (Ministero dei Lavori Pubblici. — Commissariato generale delle strade ferrate. — *Relazione sulle strade ferrate italiane*. Anno 1868. Firenze 1870. pag. 26).

(d) Mentre la presente Memoria era in corso di stampa ci venne dall'egregio Comm. Valvassori comunicato il quadro seguente nel quale stanno consegnate le lunghezze dei varii tronchi della Galleria, le loro pendenze e le ordinate sopra il livello del mare.

Dal detto quadro risulta doversi nel Traforo delle Alpi considerare due Gallerie ben distinte:

I.° La Galleria rettilinea eseguita a foro cieco lunga m. 12233.55.

II.° La Galleria definitiva composta della Galleria rettilinea a foro cieco m. 12233.55

diminuita della Galleria prepa-

ratoria dell'Imboeco Sud per m. 251.30

e della Galleria preparatoria del-

l'imboeco Nord per . . . » 329.10

cioè in totalità di m. 580.40

11653.15

aumentata poi dei due tratti eur-

vilinei rappresentanti i rac-

cordamenti colle ferrovie d'ac-

cesso, essendo quello dell'Im-

bocco Sud di m. 757.07

e quello dell'Imboeco Nord di . . » 439.70

cioè in totalità di m. 1196.77

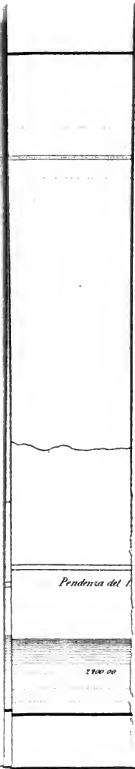
venendo così ad aversi una Galle-

ria in esercizio lunga m. 12849.92

Gliòva tuttavia avvertire ancora, che le lunghezze e le ordinate registrate nel quadro sono desunte dai profili e che l'esatta lunghezza della Galleria e le precise livellette potranno soltanto essere determinate ad opera finita.

INDICAZIONI	Pendenze p 0/100	Lunghezze	Ordinate sopra il li- vello del mare		Osservazioni
Sud — Imbocco definitivo	—	—	1513	08	Piano della rotaje.
Primo tratto curvilineo	+ 30	498	1528	64	
Secondo tratto curvilineo	+ 23	258	—	—	
Lunghezza della Galler. di raccordoamento Sud	—	757	—	—	
Primo tratto rettilineo	+ 25	41	1535	53	
Secondo tratto rettilineo	+ 0,50	507	1538	78	
Terzo tratto rettilineo	+ 4	2200	1537	98	
Quarto tratto rettilineo	+ 0,50	2600	1539	28	
Tratto rettilineo orizzontale	—	674	1539	28	
Tratto rettilineo	— 23	5650	—	—	
Tratto curvilineo (Raccordoamento Nord)	— 25	459	—	—	
Lunghezza totale della Gallerie	—	12849	—	—	
Lunghezza della Galleria preparatoria Im- bocco Sud	—	234	—	—	
Lunghezza della Galleria preparatoria Im- bocco Nord	—	529	—	—	
Galleria rettilinea praticata a foro cieco	—	12253	—	—	

99 953746



Pendensa del 1

2 700 00

ALTRE PUBBLICAZIONI DELL'AUTORE

SULLO STESSO ARGOMENTO



Studi sul tracciamento della Galleria delle Alpi Cozie tra
Bardonnèche e Modane preceduti da Cenni Storici. —
Torino 1869. Tipografia Ceresole e Panizza.

Del Traforo delle Alpi Cozie dal 1.^o Gennaio 1869 al 31
Marzo 1870 e di alcune questioni ad esso relative. —
Padova 1870. Tipografia G. B. Randi.



